BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRONÔMICO

Vol. 10 Campinas, Setembro de 1950 N.º 9

SUMÁRIO

Pág.

QUANTIDADE DE ÁGUA TRANSPIRADA PELO CAFEEIRO CULTIVADO AO SOL 247
COARACI M. FRANCO e ROMEU INFORZATO

A SEPARAÇÃO DOS TORRÕES DE TERRA ROXA DO CAFÉ, PELO MAGNETISMO 259
ANDRÉ TOSELLO

NOTA

Beta patellaris, planta-teste para o vírus da necrose branca do fumo 275
A. S. COSTA

Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo
Departamento da Produção Vegetal
CAIXA POSTAL 28 — CAMPINAS
Estado de São Paulo — Brasil

DEPARTAMENTO DA PRODUÇÃO VEGETAL

DIRETOR GERAL : — Teodureto de Camargo

Divisão de Experimentação e Pesquisas

INSTITUTO AGRONÔMICO

DIRETOR : — C. A. Krug

SUBDIVISÕES

SUBDIVISÃO DE GENÉTICA : — A. Carvalho (substituto).

Secção de Genética : — A. Carvalho A. S. Costa, E. B. Germeck, H. Antunes Filho, M. J. Purchio, M. P. Penteado, C. Marozzi

Secção de Citologia : — A. J. T. Mendes, C. H. T. Mendes, Dixier M. Medina.

Secção de Introdução de Plantas Cultivadas : — L. A. Nucci (substituto).

SUBDIVISÃO DE HORTICULTURA : — S. Moreira.

Secção de Citricultura e Plantas Tropicais : — S. Moreira, J. Ferreira da Cunha, O. Galli, J. Soubihe Sobrinho.

Secção de Olericultura e Floricultura : — O. de Toledo Prado, L. de Sousa Camargo, S. Alves.

Secção de Viticultura e Frutas de Clima Temperado : —J. R. A. Santos Neto, O. Rigitano, O. Zardeto de Toledo, P. V. C. Bittencourt, J. B. Bernardi, E. P. Guião.

SUBDIVISÃO DE PLANTAS TÊXTEIS : — I. Ramos, O. S. Neves (substituto).

Secção de Algodão : — I. Ramos, O. S. Neves (substituto), V. Schmidt, H. de Castro Aguiar, E. S. Martinelli, P. A. Cavaleri.

Secção de Plantas Fibrosas Diversas : — J. Vizioli, J. C. Medina, F. A. Correia, G. de Paiva Castro.

SUBDIVISÃO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS : — C. A. Krug, assistido por S Moreira e C. S. Novais Antunes.

BRAGANTIA

Redação Técnica : A. Carvalho e A. Pais de Camargo.
Redação : B. Cavalcante Pinto e Ciro Alves Mourão.

Assinatura anual, Cr$ 50,00. — Para engenheiros agrônomos, 50% de abatimento.

Tôda correspondência deve ser dirigida à Redação de BRAGANTIA —Caixa postal 28. CAMPINAS — Est. de São Paulo — BRASIL.

BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRONÔMICO

Vol. 10 Campinas, Setembro de 1950 N.º 9

QUANTIDADE DE ÁGUA TRANSPIRADA PELO CAFEEIRO CULTIVADO AO SOL

COARACI M. FRANCO e ROMEU INFORZATO, *engenheiros agrônomos, Secção de Fisiologia e Alimentação das Plantas, Instituto Agronômico de Campinas*

1 - INTRODUÇÃO

O estudo da transpiração das plantas interessa à agronomia sob diversos aspectos. O conhecimento, pelo menos aproximado, da quantidade de água retirada do solo, pela transpiração da planta, é uma necessidade básica na elaboração de projetos de irrigação. No caso do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), êste Instituto já iniciou estudos agronômicos sôbre a irrigação desta cultura. Pelos resultados preliminares e pela situação atual da lavoura, tudo indica que a irrigação dos cafèzais se desenvolverá grandemente em futuro próximo. Há, pois, interêsse em estudos visando a determinação da quantidade de água transpirada pelo cafeeiro, em condições de cultura. Além disto, para o prosseguimento dos trabalhos sôbre o sombreamento dos cafèzais em andamento na Secção de Fisiologia é de grande valor o conhecimento aproximado da quantidade de água retirada do solo pelo cafeeiro e pela árvore de sombra.

Convém lembrar que nenhum dos métodos existentes para a medida da transpiração das plantas satisfaz plenamente, quando se trata de medir a transpiração *in loco*, nas condições de cultura. Todos são mais ou menos falhos e sujeitos à crítica. Devido a isso e também ao fato de serem tantos e tão variáveis os fatôres que influem sôbre a quantidade de água retirada do solo por uma cultura, os resultados obtidos de estudos desta natureza não devem ser tomados como exatos, mas, apenas, como indicadores da ordem de grandeza do fenômeno.

Neste trabalho tratamos da medida da quantidade de água transpirada pelo cafeeiro cultivado ao sol, em todos os meses do ano.

2 - MÉTODOS

2.1 - PESAGEM RÁPIDA DAS FÔLHAS

Inicialmente, tentamos empregar o método de pesagem rápida das fôlhas, idealizado por Pfaff (3) e melhorado por Hüber (5) e que Rawitscher (4) já empregou em fôlhas de cafeeiro. Êste método baseia-se no fato consta-

tado pelos seus autores de que na maioria das plantas uma fôlha, quando destacada, continua transpirando durante alguns minutos, na mesma razão que o fazia quando ainda prêsa à planta. Por isso, para a determinação da transpiração por êste método, a fôlha é destacada, prêsa verticalmente a um dos braços de uma balança especial, sensível, e pesada de minuto em minuto, durante algum tempo. As perdas de pêso observadas nos primeiros minutos devem ser constantes ou variar pouco em tôrno de um valor médio dando, nesse caso, a medida da transpiração da fôlha. Determinando-se a área da fôlha, pode-se calcular fàcilmente a transpiração por unidade de superfície folhar, por minuto. Repetindo-se essa determinação em muitas fôlhas colhidas de diferentes partes da planta, sujeitas a diferentes exposições, obter-se-á um valor médio para a transpiração da planta. A maior vantagem apontada para êste método é a de se poder trabalhar com plantas adultas, nas condições naturais da cultura.

Para a aplicação segura dêste método, é imprescindível que as perdas de pêso da fôlha nos primeiros minutos sejam pouco variáveis indicando, assim, que a transpiração não foi alterada logo após ser a fôlha destacada da planta.

Aplicando êste método ao cafeeiro não verificamos as condições acima descritas. As perdas de pêso da fôlha, em cada minuto, variaram muito a partir do momento em que ela foi destacada da planta. Em vista disso, resolvemos investigar se havia movimentos dos estômatos imediatamente após o corte do pecíolo. Para isso, com um porômetro, fizemos várias determinações de porosidade, nas fôlhas em estudo, a curtos intervalos de tempo, até obtenção de valores constantes. Obtidos êstes, cortamos cuidadosamente o pecíolo isolando, assim, a fôlha do galho. Em tôdas as fôlhas estudadas, a porosidade aumentou bastante logo após o corte do pecíolo, até atingir um valor máximo, por volta do oitavo minuto, a contar do corte da fôlha. Após atingir êsse valor máximo, observou-se um decréscimo contínuo da porosidade, que prosseguiu até o fechamento completo dos estômatos.

A figura 1 mostra a ocorrência dêsse fenômeno nas fôlhas do cafeeiro ; não se trata, porém, de uma descoberta nova, pois já foi observado em outras plantas, primeiramente por Darwin (1) e posteriormente por outros autores, dentre os quais Laidlaw e Knight (3). Várias causas têm sido sugeridas para explicar a abertura temporária dos estômatos logo após o corte do pecíolo. Duas nos parecem mais prováveis. A primeira, sugerida por Darwin (1), é a de que as células epidérmicas perdem água mais ràpidamente do que as células guardas o que faz com que diminua a pressão exercida por aquelas sôbre estas. A conseqüência disto é a abertura dos estômatos que se fecharão logo após, devido à perda de água também das células guardas. A segunda é a de Dixon (2), de acôrdo com a qual o corte do pecíolo, eliminando ou diminuindo a tensão sob a qual a água se acha na fôlha, faz com que ela aflua em maior quantidade nas células estomáticas, que então se tornam mais túrgidas ocasionando a maior abertura dos estômatos. Como a quantidade de água existente nos vasos folhares é pequena, em poucos minutos é consumida, e os estômatos se fecham definitivamente.

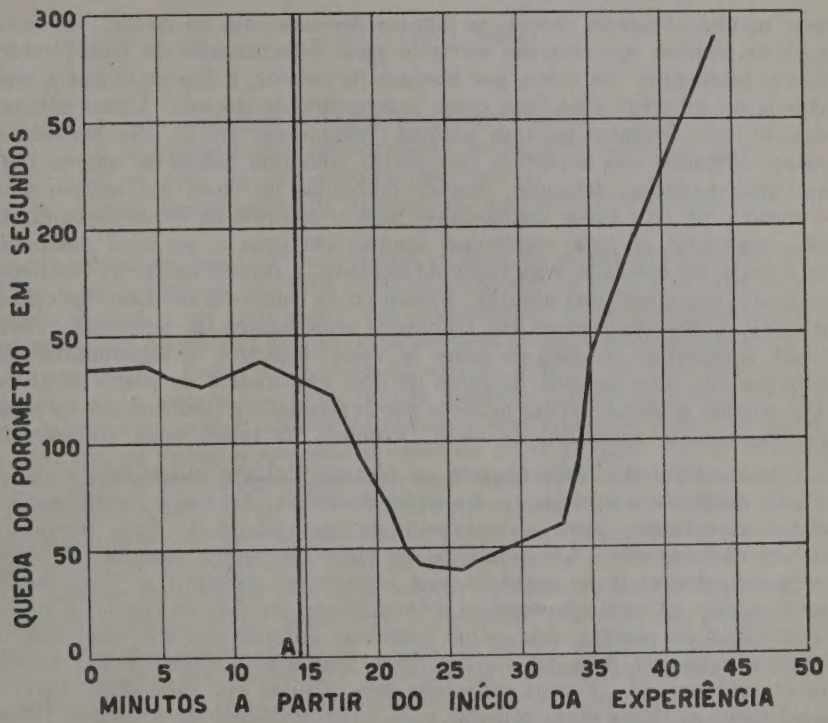

FIGURA 1.—Marcha da abertura dos estômatos da fôlha do cafeeiro após o corte do pecíolo. *A* — Momento em que foi cortado o pecíolo.

Esta ocorrência desaconselha o emprêgo do método das pesagens rápidas nos estudos da transpiração do cafeeiro, motivo que nos levou a empregar o método do qual trataremos a seguir.

2.2 - MÉTODO DA PESAGEM DA PLANTA EM VASO

Trinta e três vasos cilíndricos, de chapa, medindo 50 cm de altura por 36 cm de diâmetro (cêrca de 51 litros de capacidade) foram cheios com terra, do tipo roxa misturada, recebendo ainda cada um dêles 1.800 gramas de estêrco de curral. Os vasos não possuíam orifício no fundo para escoamento do excesso de água e foram anteriormente pintados com zarcão, recebendo na parte externa duas demãos de tinta de alumínio sôbre o zarcão, a fim de atenuar o aquecimento pelos raios solares. Em cada vaso, exceto três, foi plantada uma muda de cafeeiro da variedade *bourbon* — *Coffea arabica* L. var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy — com treze meses e meio de idade. Os três vasos que não receberam plantas serviram para o contrôle da perda de água do solo por evaporação. Os vasos foram instalados sôbre vagonetes, os quais eram recolhidos à estufa, à tarde, e retirados para o pátio,

pela manhã. Quando chovia, as plantas permaneciam na estufa. Os vasos com as plantas que estavam servindo para determinação da transpiração, foram protegidos, em volta, por lâminas de celotex, a fim de evitar a incidência do sol sôbre êles, bem como o aquecimento do solo. Como não poderiam, sem prejuízo para as plantas, permanecer trinta dias hermèticamente fechados, sua superfície foi coberta com uma tampa de celotex, feita em duas metades, deixando, quando colocadas no vaso, um orifício para o tronco. Os três vasos testemunhas para o contrôle da evaporação direta pela superfície do solo, receberam tampas idênticas e, no local destinado ao tronco, foi colocada uma haste de madeira, a fim de imitar as condições reinantes nos vasos com plantas. Foram ainda colocados no meio das outras plantas, a fim de ficarem em condições semelhantes de ambiente. Além disso, a superfície do solo de todos os vasos, inclusive os testemunhas, foi coberta com uma camada de cêrca de dois centímetros de palha de arroz. Isto ajudou a evitar perdas maiores por evaporação e também que as regas danificassem a superfície da terra, expondo as raízes mais superficiais.

Em agôsto de 1949, quando as plantas tinham quase três anos de idade, iniciou-se a medição da transpiração diária. Os vasos foram pesados tôdas as manhãs, para conhecimento da quantidade de água perdida e da umidade do solo. Aos domingos, os vasos não foram pesados. A perda de pesos observada na segunda-feira representa, portanto, a transpiração de dois dias. Como é necessário determinar-se, no fim do ensaio, a superfície folhar da planta, seria difícil trabalhar durante um ano todo com os mesmos cafeeiros, pois que no fim dêsse tempo a superfície folhar estaria muito aumentada. Foram utilizadas três plantas em cada mês, findo o qual tôdas as fôlhas eram colhidas para a determinação da superfície folhar pelo método dos recortes em papel. Sendo o cafeeiro uma planta de crescimento bastante lento, a superfície folhar não aumenta sensìvelmente em trinta dias. Por falta de número suficiente de vasos, foram empregadas, excepcionalmente, as mesmas três plantas durante o período de abril a junho e outras três, no período de junho a agôsto. Nestes casos, a superfície folhar das plantas foi determinada no fim do segundo mês.

Desde que a água é pràticamente imóvel no solo quando sua umidade se acha abaixo do limite água capilar máxima (1), não é possível, com regas controladas, conservar-se a umidade da terra, no interior de um vaso, em um nível determinado de umidade, abaixo daquele limite. As regas foram por isso feitas quando a umidade no interior dos vasos atingia valores próximos da água inativa (2) e a quantidade de água colocada em cada vaso foi a necessária para elevar a umidade de todo o solo nêle contido ao nível da "água capilar máxima."

Para o contrôle da umidade no vaso, deduzimos matemàticamente a seguinte fórmula :

(1) Água capilar máxima é a percentagem máxima de água que o solo retém em condições de drenagem perfeita.

(2) Água inativa é a percentagem de água que o solo ainda encerra quando as plantas dêle não mais conseguem absorver água e murcham definitivamente.

$$x = \frac{P\ (p—p')}{100 — p}, \text{ onde}$$

x = quantidade de água a ser adicionada
p = percentagem de umidade que se quer obter
P = pêso da terra contida no vaso
p' = percentagem de umidade do solo ao ser determinado P.

A determinação de P foi feita na véspera de se dar início às pesagens. Para isso, deduziu-se, do pêso total do vaso com a planta, o pêso aproximado desta e o do vaso vazio, que é conhecido. Para a determinação de p', retiramos do interior do vaso uma pequena amostra de solo, com o auxílio de uma sonda. Como a umidade do solo no interior do vaso está sempre entre a água inativa e a água capilar máxima, fazendo-se p igual à água capilar máxima, x será positivo e indicará a quantidade de água a ser adicionada para se elevar a umidade do solo ao nível da água capilar máxima. Fazendo-se p igual à água inativa, x será negativo e indicará a quantidade de água que o vaso deverá perder para o solo atingir o nível da água inativa. Somando-se o valor de x ao pêso total do vaso no primeiro caso e subtraindo-se no segundo, obtém-se o pêso do vaso, quando a umidade do solo no seu interior se acha no teor água capilar máxima ou no da água inativa, respectivamente, o que possibilita o contrôle perfeito das regas. Para maior clareza, exemplifiquemos : Seja de 50.000 gramas o pêso total do vaso. Digamos que fazendo p = água capilar máxima encontramos $x = 4.500$ gramas. Esta é a quantidade de água que deverá ser adicionada ao vaso para se elevar a umidade da terra em seu interior ao nível da água capilar máxima.

Fazendo p = água inativa encontramos, por exemplo, $x = —6.200$. Isto indica que a terra do vaso deverá perder ainda 6.200 gramas de água para que a sua umidade atinja o nível água inativa.

O pêso total do vaso quando a sua umidade estiver no nível água capilar máxima será, portanto : 50.000 + 4.500 = 54.500 gramas. Quando a sua umidade estiver no nível água inativa, o seu pêso será : 50.000 — 6.200 = = 43.800 gramas.

No exemplo acima, o vaso deveria receber água quando o seu pêso se estivesse aproximando de 43.800 gramas e a quantidade de água então adicionada deveria ser a suficiente para elevar o pêso total do vaso a 54.500 gramas.

3 - SUPERFÍCIE FOLHAR DA PLANTA ADULTA

Nos campos de cultura de café da Estação Experimental Central, de Campinas, em terra roxa misturada, foram escolhidos sete cafeeiros com desenvolvimento médio, com cêrca de 40 anos e representativos do estado geral da cultura. Essa escolha foi feita no fim da estação das águas,

quando as plantas se apresentavam bem enfolhadas. De cada cafeeiro foram colhidas e pesadas tôdas as fôlhas. Logo a seguir, retirou-se, ao acaso, uma amostra de 150 fôlhas, a qual foi também pesada. A superfície dessa amostra foi determinada pelo método dos recortes em papel, calculando-se depois a superfície folhar total de cada planta.

Foram os seguintes os resultados obtidos :

PLANTAS ESTUDADAS	*Superfície folhar total*
1	34,16 m²
2	30,64 m²
3	27,80 m²
4	24,88 m²
5	22,87 m²
6	34,17 m²
7	45,74 m²
Média	31,46 m²

As fôlhas do cafeeiro têm estômatos apenas na face inferior. Nos cálculos da superfície folhar consideramos apenas a superfície de uma das faces das fôlhas.

4 - RESULTADOS OBTIDOS

Conhecida a quantidade de água transpirada diàriamente pelos cafeeiros nos vasos e a superfície folhar dessas plantas, calculamos a transpiração média, para cada dia, em g/dm² de fôlha. Multiplicando êsse valor por 3.146, que é a superfície folhar em decímetros quadrados, encontrada para a planta de desenvolvimento médio na cultura, determina-se, aproximadamente, a quantidade de água que essa planta deveria retirar do solo, diàriamente, pela transpiração. Simples somas dêsses dados fornecem a quantidade de água que deveria ser transpirada, em cada mês, durante o ano.

O quadro 1 mostra os resultados de transpiração encontrados mensalmente para um cafèzal plantado no espaçamento de 3,5 x 3,5 metros, expressos de diferentes maneiras, ao lado das normais pluviométricas.

Nas condições de cultura, os cafeeiros sofrem falta de água por ocasião da estação sêca e êsse é o principal fator da queda de fôlhas observada naquela época.

Em nossa experiência, a terra nos vasos foi mantida sempre com umidade disponível às plantas, nunca tendo estas sofrido falta de água. Nestas condições, as plantas transpiraram livremente durante o ano todo. Nossos resultados mostram, portanto, aproximadamente, a quantidade de água que um cafeeiro de desenvolvimento médio, nas condições da cultura da Estação Experimental Central de Campinas, deve transpirar em condições ótimas de água no solo. Aliás, êstes dados são os que mais interessam aos trabalhos de irrigação e também aos estudos sôbre a concorrência em água que as árvores de sombra fazem aos cafeeiros.

QUADRO 1.—Transpiração do cafeeiro e normais pluviométricas nos diversos meses do ano

Mês	Transpiração do cafeeiro				Normal pluviométrica de Campinas (em 60 anos)
	Equivalência em queda pluviométrica (1)	Por superfície folhar	Por planta	Por área	
	mm	*g/dm²*	*litros*	*m³/ha*	*mm*
Janeiro	50	193,4	608	496	244,6
Fevereiro	41	159,2	501	409	203,9
Março	51	198,7	625	510	149,3
Abril	50	196,2	617	504	60,4
Maio	53	206,8	651	531	50,7
Junho	36	139,3	438	357	48,9
Julho	39	151,7	487	389	28,0
Agôsto	46	180,0	566	462	34,3
Setembro	56	218,2	686	560	71,3
Outubro	56	219,0	689	562	116,1
Novembro	63	246,0	774	632	155,6
Dezembro	52	203,3	640	522	228,2
Total	593	2311,9	7273	5935	1391,3

(1) Considerando-se um espaçamento de 3,50 x 3,50 metros.

Na figura 2 estão representadas as quedas pluviométricas dos meses em que se determinou a transpiração, as normais pluviométricas e a quantidade de água retirada do solo pela transpiração dos cafeeiros, por hectare, em condições ótimas de água no solo.

Como o trabalho foi executado de agôsto de 1949 ao mesmo mês do ano seguinte, a queda pluviométrica dos meses que vão de agôsto a dezembro se refere ao ano de 1949, ao passo que a queda pluviométrica dos outros meses corresponde a 1950.

Para o cálculo da transpiração diária, por unidade de superfície, consideramos os totais da transpiração e da superfície folhar das três plantas, em vasos, isto é, dividimos a soma da transpiração dos três cafeeiros pela soma da superfície folhar. A transpiração diária média encontrada foi de 6,29 g/dm²/dia.

Como a transpiração noturna é desprezível, comparada com a grande quantidade de água transpirada durante as horas de sol, podemos, sem incorrer em grande êrro, considerar o dia de 12 horas para calcular, aproximadamente, a razão de transpiração nas horas de luz. Podemos, assim, comparar a transpiração máxima diária por nós observada, neste trabalho, com outros dados conhecidos. No dia de mais intensa transpiração no decorrer da experiência, a razão diária foi de 17,6 miligramas, por decímetro quadrado e por minuto. Há já vários anos medimos a transpiração de alguns cafeeiros durante uns poucos dias pelo mesmo método empregado neste trabalho. Encontramos, em um dia quente e de sol intenso,

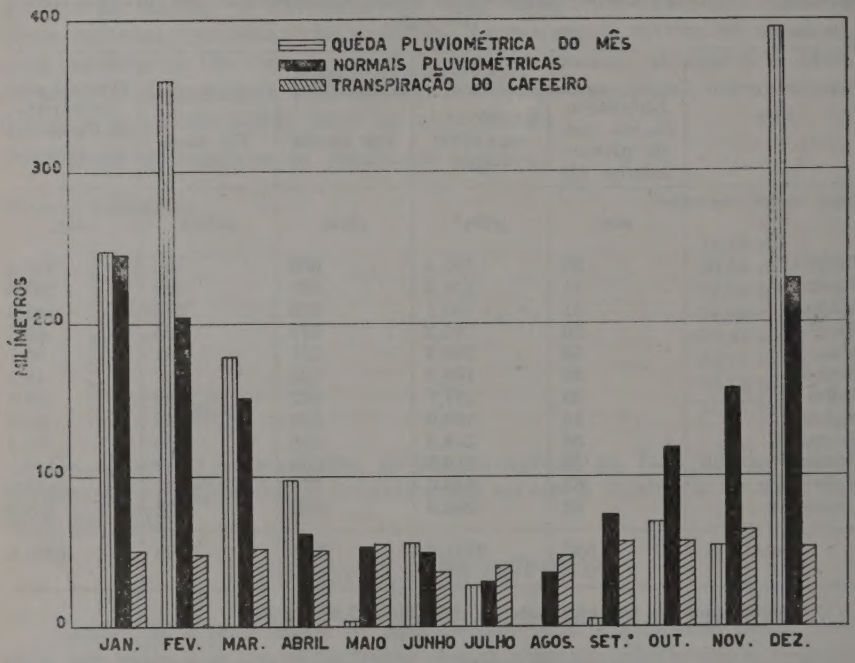

FIGURA 2.—Quantidade de água transpirada mensalmente pelo cafeeiro, em comparação com a queda pluviométrica, em Campinas, Estado de São Paulo.

a razão de transpiração diária de 18,2 mg/dm²/m, para as horas de sol. Nutman (2), trabalhando na África, encontrou uma razão diária máxima para o cafeeiro de 20,67 mg/dm²/m também para as horas de sol. Êsses três resultados estão muito próximos uns dos outros, indicando que a maior razão diária de transpiração do cafeeiro, em dias de bastante calor e luz, anda ao redor de 20 mg/dm²/m.

5 - DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

No quadro 1 e na figura 2, as normais pluviométricas são médias de sessenta anos de observações, ao passo que os dados referentes à transpiração são de um único ano. As variações da transpiração são, entretanto, muito menores do que as encontradas no regime pluviométrico. É de se esperar que as variações da transpiração, nos mesmos meses de uma série de anos, sejam bem menores do que as encontradas entre os diferentes meses de um mesmo ano. Isto porque os fatôres climatológicos que mais influem sôbre a transpiração variam muito menos nos mesmos meses de ano para ano do que entre os diferentes meses de um mesmo ano. Além disto, a simples vista da figura 2 mostra não haver correlação entre a queda

pluviométrica mensal e a quantidade de água transpirada, desde que não haja falta de água no solo.

Do acima exposto, conclui-se que devemos esperar apenas uma pequena variação nos dados de transpiração de um ano para outro e, portanto, os dados obtidos devem estar próximos das médias que se obteriam se se tivesse determinado a transpiração durante uma longa série de anos.

Vemos pelo quadro 1 e figura 2 que, em média, há grande excesso de chuva sôbre a transpiração nos meses que vão de outubro a março. Em abril, junho e setembro, o excesso de chuva sôbre a transpiração é pequeno, sendo que em maio, julho e agôsto há, em média, "deficit" de água, isto é, a transpiração excede a queda pluviométrica. Como as quedas pluviométricas mensais variam grandemente de ano para ano, a situação em um determinado ano pode ser bastante diferente daquela que se apresenta na comparação da transpiração com as médias pluviométricas. Isto se observa bem na figura 2, comparando-se, entre si, as colunas correspondentes à transpiração e as que correspondem à queda pluviométrica dos meses em que foi determinada a transpiração. A umidade retida pelo solo na época das chuvas é suficiente para garantir a transpiração normal do cafeeiro durante bastante tempo. É por isso que só se notam os efeitos danosos da falta de água quando a estação sêca se prolonga demasiadamente.

Nos cálculos, consideramos apenas a queda pluviométrica e a transpiração. Outros fatôres, entretanto, interferem no balanço de água do solo, sendo os principais: *a*) evaporação direta de água da superfície do solo; *b*) a água que escorre quando o terreno é inclinado; *c*) transpiração das ervas más; *d*) água retida pela folhagem das plantas e que se evapora antes mesmo de chegar ao solo.

A evaporação direta, pela superfície do solo, não influi na umidade dêste, abaixo de 30 cm de profundidade. Isto quer dizer que mesmo no período de sêca as camadas de solo, que estão a profundidades maiores que 30 cm, não perdem água por evaporação, mas, sòmente, através da absorção e transpiração das plantas. A quantidade de água que escorre em consequência do declive do terreno é variável com aquêle declive, o tipo de solo, a espécie cultivada, os tratos culturais e o regime de chuvas. Em um cafèzal plantado em terra roxa com declive de 6,5%, a percentagem de água de chuva que escorre, ao invés de se infiltrar no solo, é, em média, 1,7% da queda pluviométrica (1). Considerando-se a queda pluviométrica média de Campinas, essa perda seria de 23,6 mm de chuva, anualmente, em média. Não temos dados sôbre a transpiração das ervas más. O solo deve, entretanto, perder quantidade apreciável de água através da transpiração daquelas plantas, durante os meses de elevada precipitação e calor. Nos meses de sêca, aquela perda deve ser muito pequena, desprezível talvez. Isto porque, tendo, geralmente, as ervas más um sistema radicular superficial, logo que as camadas superficiais de solo se tornam suficientemente sêcas, essas plantas deixam de vegetar, ou, após a carpa, sòmente voltarão a vegetar nos meses de bastante chuva. Finalmente, há a considerar a quantidade de água da chuva que fica retida na folhagem

(1) Dados obtidos e fornecidos pela Secção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico.

e daí evapora, sem, portanto, atingir o solo. As perdas de água por êste processo são, naturalmente, maiores em regiões onde a queda pluviométrica se dá em chuvas leves e de pequena duração. Em nosso clima, onde a maior parte da queda pluviométrica é constituída por chuvas mais ou menos torrenciais, é de se esperar uma perda muito pequena por evaporação da água retida pela folhagem das plantas.

Como já se mencionou, para o cálculo da quantidade de água retirada do solo pelo cafeeiro, consideramos neste trabalho a superfície folhar de uma planta de desenvolvimento médio no cafèzal da Estação Experimental Central de Campinas. Em outros cafèzais, principalmente sôbre outros tipos de solo, a superfície folhar das plantas pode ser muito diferente. Se se quiser, entretanto, ter uma idéia apenas da quantidade de água retirada do solo pelas plantas de um dado cafèzal, desde que o clima onde êle se ache não seja muito diferente do de Campinas, que aliás representa bem o clima da maior parte do Estado de S. Paulo, isto se poderá conseguir determinando-se a superfície folhar de várias plantas, consideradas como tendo um desenvolvimento médio em relação à cultura. Tomando-se a média dos resultados encontrados (em dm^2) e multiplicando-os pelos dados do quadro 1, correspondentes à transpiração em gramas por decímetro quadrado de fôlhas (193,4 — 159,2, etc.), obter-se-á a quantidade de água necessária para a transpiração em cada mês do ano e, finalmente, o total anual.

Para se obter a transpiração em milímetros da altura pluviométrica, dever-se-á dividir a quantidade de água transpirada por uma planta pela área de solo por ela ocupada. Admitimos, nas considerações acima, que, sendo o clima semelhante, a transpiração seja proporcional à superfície folhar das plantas desde que estas pertençam à mesma variedade.

Êstes cálculos, embora dêem resultados apenas aproximados, poderão ser úteis aos trabalhos sôbre irrigação de cafèzais. Tendo-se uma idéia do consumo de água pelas plantas, tornar-se-ão mais fáceis e exatos os cálculos sôbre a água necessária para as irrigações, diâmetro dos encanamentos, etc.

SUMMARY

In determinations made with a porometer it was verified that the stomatal opening of coffee leaves increases in size immediately after the leaves are detached from the plant (fig. 1). This fact indicates that the method of rapid weighings of detached leaves is not suitable for studies on the transpiration of the coffee plant.

The transpiration of coffee plants has been determined by the weighing potted plant method. Pots with a capacity for 51 liters were used. They were made of galvanized iron plate and had no drainage hole. When the moisture content of the soil approached the wilting point water was added to bring all the soil mass to fiel capacity. In order to avoid oxygen depletion the pots were not sealed. To decrease the direct evaporation at the soil surface a two-centimeter layer of rice hulls was used as mulch, and a celotex cover was placed on top of the pot. Three similar pots with the same type of protection, but without plants were used to measure the direct evaporation from the soil surface. The weight losses of these pots were subtracted from the weight losses of the pots with plants.

Two to three-year old plants of *Coffea arabica* var. *bourbon* were used. Three plants were employed each month and after this time their leaves were picked off, and

the total leaf area was determined. The tests were carried out for a whole year. The transpiration rates were calculated in g/dm²/day.

The total leaf area of an adult coffee plant was found to be 3,146 dm² (average of seven trees). Based on this average and on the transpiration rate of the experimental plants it was possible to calculate approximately the amount of water that an adult coffee plant would transpire under the same conditions.

Since the plants submitted to the experiment did not suffer water shortage at any time, the present results show the approximate amount of water lost by the coffee plant under optimal soil-water conditions. The data are presented in table 1. The figure 1 shows the monthly amount of water lost by transpiration in a coffee plantation compared with the monthly rainfall during a year.

The environmental factors that influence plant transpiration vary much less between the same months of different years than between the different months of the same year. Hence the results obtained should not be far from the average that would be obtained if the transpiration had been measured during a number of years.

Comparing the water lost by transpiration of coffee trees with the average rainfall in Campinas, State of São Paulo, Brazil, it is seen that from October to March rainfall exceeds water consumption. In April, June, and September the excess is small, and in May, July, and August the amount of water transpired exceeds the average rainfall (fig. 2). Since the rainfall distribution is variable, this figure may be different in a given year.

The highest daily rate of transpiration encountered was 17.6 mg/dm²/m (over twelve hours). Previous results obtained by the writers showed 18.2 mg/dm²/m to be the rate of transpiration in a very sunny and hot day. Nutman working in Africa (2) found a maximum daily rate of 20.67/dm²/m (over nine hours). These data are comparable and must represent approximately the maximum rate of transpiration of the coffee plant.

The average daily transpiration encountered was 6.29 g/dm²/day and the total amount of water transpired by a coffee tree in one year was found to be 7,273 liters.

LITERATURA CITADA

1. **Darwin, F.** IX. Observations on stomata. Phil. Trans. Roy Soc. Bot. **190** : 531-621. 1898.

2. **Dixon, H. H.** Transpiration and the ascent of sap in plants. Memillan's Science Monographs, 1914, p. 124, citado por Laidlaw (3).

3. **Laidlaw, C. G. P.** and **R. C. Knight.** A Description of a Recording Porometer and a note on stomatal behavior during wilting. Ann. Bot. **30** : 47-56. 1916.

4. **Nutman, F. J.** Studies of the physiology of *Coffea arabica*. III. — Transpiration rates of whole trees in relation to natural environmental conditions. Annals of Botany **5** : 59-81. 1941.

5. **Pfaff, F.** Ueber den Beitrag der Verdunstung einer Eiche waehrend der ganzen Vegetationsperiode. Sitz-Ber. Kgl. bayer. Ak. wiss. Muenchen. **1** : 27. 1870.

6. **Rawitscher, F.** Problemas de Fitoecologia com considerações especiais sôbre o Brasil Meridional. Bol. da Fac. Filos. Ciências e Letras, Universdiade de S. Paulo **28, série Botânica 3** : 8-111. 1942.

7. **Ueber, B.** Transpiration in verschiedener Stammhoehe. Ztschr. f. Bot. **15** : 465-601. 1923.

A SEPARAÇÃO DOS TORRÕES DE TERRA ROXA DO CAFÉ, PELO MAGNETISMO

André Tosello

Engenheiro agrônomo, Secção de Café, Instituto Agronômico de Campinas

1 - INTRODUÇÃO

Nas zonas de terra roxa, o problema da separação dos torrões de café tem chamado a atenção dos estudiosos do assunto, pois a que é comumente realizada nos "catadores de pedras" não é feita com a eficiência desejada.

A separação através do "catador de pedras" não pode ser eficiente por se basear ùnicamente na diferença de resistência à pressão exercida por uma coluna de vento vertical ou horizontal sôbre o torrão e sôbre o café. É sabido que a impulsão que sofre um torrão mergulhado numa dada corrente de ar depende de dois fatôres : pêso específico do torrão e diâmetro dêste (admitido que seja de forma esférica). Dêste modo, se as diferenças de pêso específico entre os corpos não forem suficientemente grandes, a separação pelo ar, sem uma prévia classificação por tamanhos, não poderá ser eficiente (fig. 1).

Por êstes motivos, os meios atualmente postos em prática para a separação dos torrões têm sido os seguintes :

a) separação por intermédio do "lavador", que, aliás, é bastante eficiente ;

b) separação por intermédio do "seletor", o qual divide o café da roça em lotes mais ou menos uniformes em relação às dimensões dos grãos e, em seguida, os submete à corrente de ar. Êste processo é eficiente para os frutos cereja e bóia, sendo que para o coquinho [1] e casquinha [2] a eficiência é bem menor.

Nas zonas de terra roxa produtoras de café e principalmente nas zonas novas, como média Sorocabana e norte do Paraná, onde o café, na grande maioria dos casos, é derriçado no chão e onde não existem "lavadores" nem "seletores", a separação dos torrões ùnicamente feita pelo "catador de pedras" não satisfaz, o que acarreta depreciação do tipo e da bebida.

Os torrões de terra roxa que não foram prèviamente separados vão com o café em casca para o descascador e aí quando êste é esbrugado se desfazem, tingindo o café beneficiado. Aquêles que conseguem sair do descascador acompanham o café beneficiado até as peneiras e são submetidos

---

(1) Café coquinho é o fruto sêco do café, produzido geralmente nos ramos ponteiros e porisso de tamanho pequeno.

(2) Café casquinha é o café despolpado por diversas causas, na lavoura, e que vem nesse estado juntamente com o café protegido pela casca.

à corrente de ar juntamente com os grãos. Esta efetua uma separação eficiente dos torrões em relação aos grãos de café maiores (peneiras 15,16, etc.), porém ineficiente para os grãos pequenos (peneiras 14,13,12, moquinha e chatinho), além de sobrecarregar as escolhas com êsse detrito.

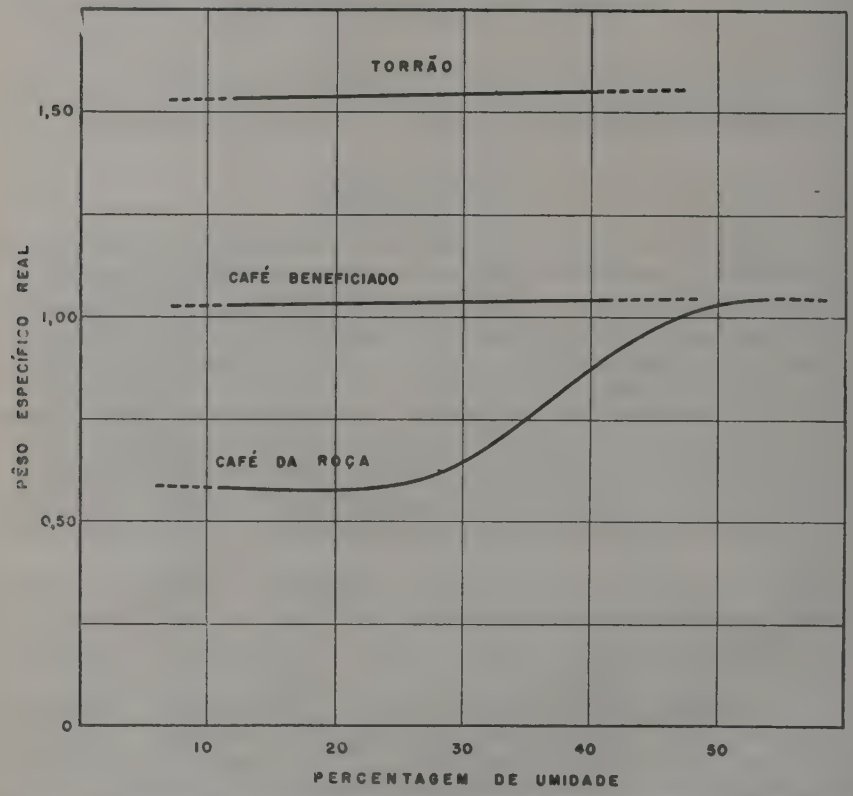

FIGURA 1.—Curvas de variação do pêso específico real do café de roça, café beneficiado e do torrão de terra em função da umidade.

O café "tinjido" pela terra roxa é bastante depreciado nos mercados consumidores e os grãos que não são convenientemente separados dos torrões são também muito prejudicados na classificação de tipos. Basta lembrar que, na tabela correspondente, se tem :

1 pedra grande é equivalente a 5 defeitos
1 pedra regular é equivalente a 2 defeitos
1 pedra pequena é equivalente a 1 defeito

Nestas condições, o advento de qualquer processo ou máquina eficiente para a separação dos torrões de terra roxa será de grande importância, principalmente para as propriedades agrícolas situadas nas zonas indicadas e que não possuam lavador ou seletor ou que, possuindo-os, desejem realizar

uma catação no café beneficiado ; é de interêsse também para os compradores de café que efetuam o rebeneficiamento.

É conveniente que se faça a separação dos torrões antes de o café passar pelo descascador ; porém, quando isto não seja possível, é desejável que se faça a separação dos torrões do café beneficiado. É claro que seria ótimo se se procedesse à separação antes e depois de o café ser descascado.

O presente trabalho tem por objetivo o estudo de um tipo de máquina que permita a separação dos torrões antes de o café ser beneficiado, ou em qualquer fase do seu preparo.

2 - SEPARAÇÃO MAGNÉTICA DOS TORRÕES

É sabido que a terra roxa contém apreciável quantidade de óxido de ferro, principalmente na forma de magnetita Fe_3O_4. Segundo dados da Secção de Agrogeologia do Instituto Agronômico, em alguns casos a quantidade de magnetita dosada foi da ordem de 8%. A quantidade de magnetita nos torrões é pequena, resultando disso que, apesar do ferromagnetismo (susceptibilidade magnética) dêsse material, os torrões se tornam pouco sensíveis ao campo magnético. Nestas condições a separação só é pràticamente realizável, com eficiência, por intermédio de ímãs de alto poder magnético (de grande intensidade de campo magnético).

Existem, entre outros, dois processos práticos e econômicamente realizáveis, a saber : por intermédio de eletroímãs ou por intermédio de ímãs permanentes de alto poder.

2.1 - APLICAÇÃO DOS ELETROÍMÃS

Os eletroímãs são muito empregados na concentração de minérios, e os mais usados são os chamados separadores de tambor (1). Êstes funcionam do seguinte modo : dentro de um tambor rotativo (fig. 2), existe um ele-

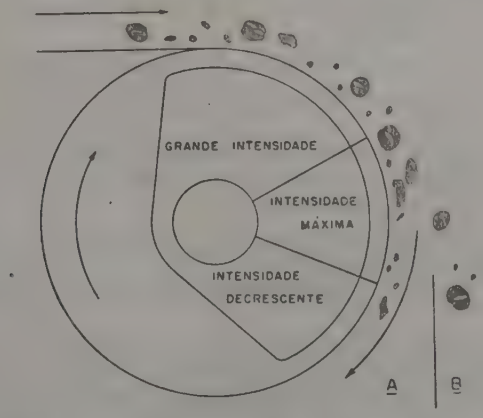

FIGURA 2.—Esquema de um separador de tambor metálico eletromagnético empregado na concentração de minérios. *A* — Material magnético; *B* — material não magnético.

troímã fixo, dividido em três setores, com campos eletromagnéticos de intensidades diferentes. O material magnético adere à superfície do tambor e é arrastado com êle até passar a zona magnetizada e depois cai livremente, ao passo que o material não magnético é lançado fora pela ação da fôrça centrífuga.

Para se ter idéia da produção de um separador de tambor, damos a relação que se segue (5).

DIMENSÕES DA MAGNETITA EM MILÍMETROS	*Diâmetro do tambor*	*Potência*	*Produção*
50/300	600 mm	1,5 a 2 kw	80 a 100 t/h
0/50	400 mm	1,0 kw	50 t/h

Os inconvenientes da aplicação dos eletroímãs na separação de torrões consistem principalmente nos seguintes pontos: a) instalação cara; b) necessidade de uma assistência constante; c) disponibilidade de energia elétrica. Em grande parte das fazendas de café das zonas novas de terra roxa, a obtenção dos dois últimos itens é difícil.

Os eletroímãs do tipo de tambor não deram resultados satisfatórios na separação dos torrões, segundo informações obtidas, e isto principalmente devido à forma do entreferro.

2.2 - CATADOR "DR. ISAY"

O separador de torrões denominado "Catador Dr. Isay" é do tipo de tambor, porém o campo magnético é produzido por intermédio de ímãs permanentes rotativos. O Dr. Rudolf Isay, inventor do referido catador, especializara-se em questões relativas à mineração. Lavrador de café em Rolândia, Estado do Paraná, há 15 anos teve a atenção voltada para o problema da separação dos torrões de terra roxa. Há pouco tempo iniciou a fabricação e venda do seu catador, o qual tem sido regularmente difundido na zona cafeeira de Londrina.

O "Catador Dr. Isay" consta, em síntese, do seguinte (fig. 3, 4 e 5):

1) bica de jôgo para a alimentação regular do café no rôlo magnético (fig. 3-*A*);

2) plano inclinado construído de material não magnético (latão) regulável, cuja finalidade é conduzir o café, uniformemente distribuído, ao ponto ótimo do rôlo magnético (fig. 3-*B*);

3) rôlo magnético rotativo (fig. 3-*C*), cujos detalhes construtivos estão indicados na figura 3-*F*, e que são:

a) entreferro, construído de material de boa permeabilidade magnética (fig. 3-*F*, *a*);

b) ímã permanente, construído de material de alto poder magnetizante, como, por exemplo, alnico (fig. 3-*F*, *b*);

c) anel isolante construído de latão (fig. 3-*F*, *c*);

d) eixo construído de material não magnético, latão ou bronze (fig. 3-*F*, *d*);

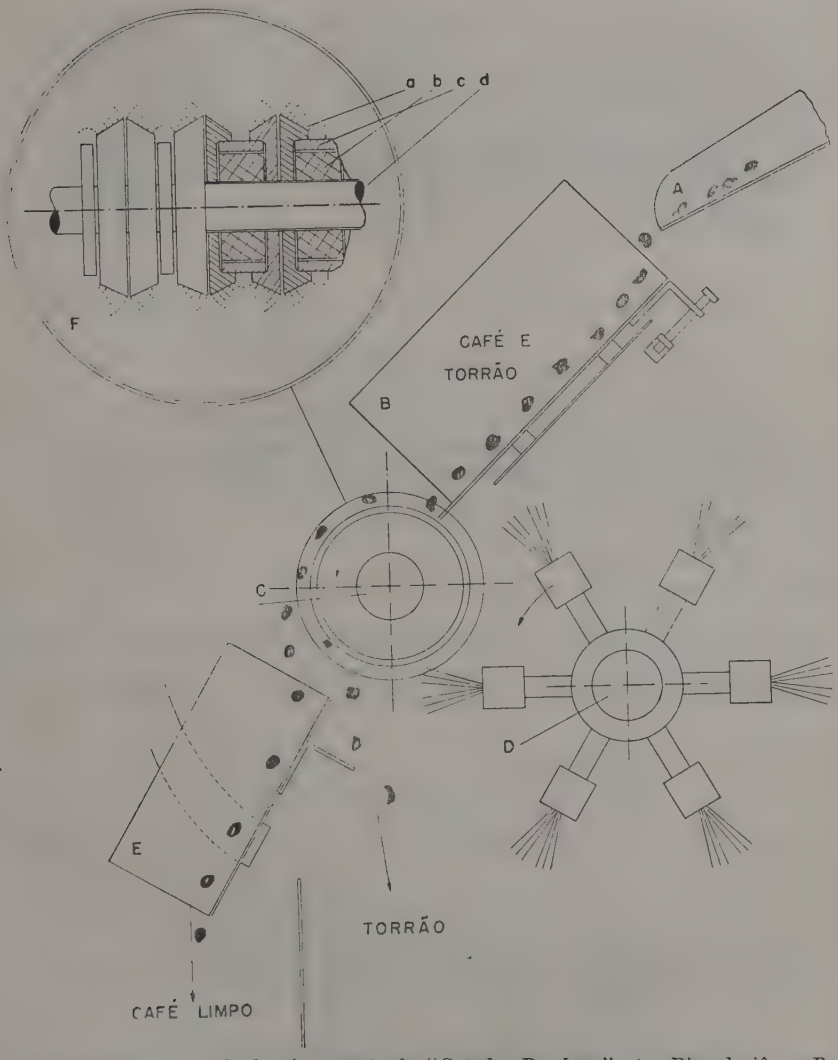

FIGURA 3.—Esquema do funcionamento do "Catador Dr. Isay". *A* — Bica de jôgo; *B* — plano inclinado; *C* — rôlo magnético; *D* — escôvas giratórias; *E* — plano inclinado; *F* — corte do rôlo magnético; *a* — entreferro; *b* — ímã permanente; *c* — anel isolante; *d* — eixo.

e) escôvas giratórias, cuja finalidade é retirar as partículas de terra roxa que foram atraídas pelo rôlo magnético (fig. 3-*D*);

f) plano inclinado, também regulável, cuja finalidade é receber os grãos não magnetizados que foram repelidos pela ação da fôrça centrífuga (fig. 3-*E*).

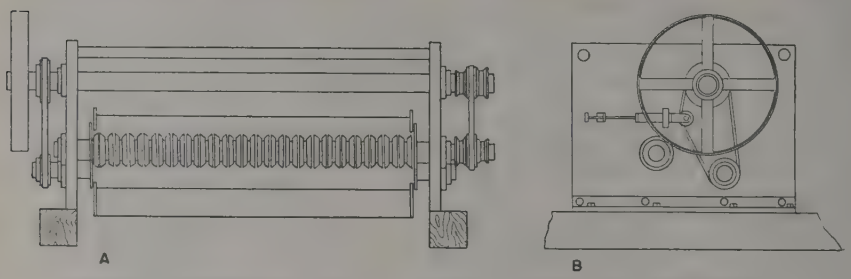

FIGURA 4.—Catador Dr. Isay; *A* — vista de frente; *B* — vista lateral.

3 - ENSAIOS REALIZADOS

A fim de se ter uma idéia da eficiência do "Catador Dr. Isay", levamos a efeito alguns ensaios na Secção de Café do Instituto Agronômico, dos quais transcrevemos três fichas com os dados mais interessantes (6) :

ENSAIO N.º 23 DATA : 8 de setembro de 1950

ASSUNTO : Catador Dr. Isay

LOCAL : Máquina de beneficiar café de Reinaldo Massi
Rolândia — Estado do Paraná

FINALIDADE : Determinação da eficiência do separador de torrões de terra roxa contidos no café beneficiado pelo "Catador Dr. Isay".

DADOS OBTIDOS : Com base na velocidade do motor elétrico que acionava o "Catador Dr. Isay", foram calculadas as seguintes velocidades :

Motor	1 680 r.p.m
Bica de jôgo	409 r.p.m
Rôlo magnético	238 r.p.m
Escôvas	400 r.p.m

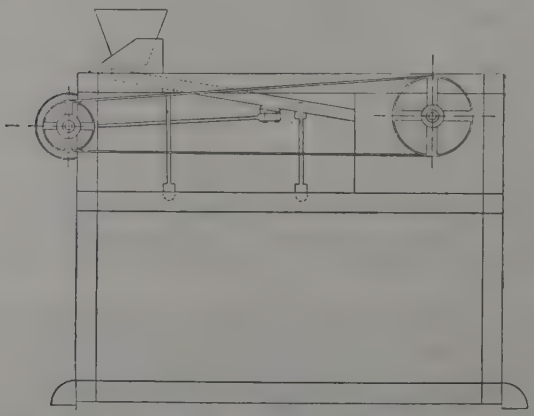

FIGURA 5.—Catador Dr. Isay. Vista lateral com a bica de jôgo.

As velocidades periféricas do rôlo magnético (no seu diâmetro médio) e da escôva são, respectivamente: 1 m/s e 4,2 m/s.

Após uma hora de trabalho em regime de produção de 40 sacos de café beneficiado por hora, foram retiradas algumas amostras, e o resultado médio obtido foi o seguinte:

Amostra de 300 gramas de café não catado: 43 torrões.

Amostra de 300 gramas, após a passagem pelo "Catador Dr. Isay": 5 torrões.

Amostra dos torrões: 0% de café.

ENSAIO N.º 24: DATA: 9 de setembro de 1950

ASSUNTO: Catador Dr. Isay

LOCAL: Fazenda Santa Isabel
Propriedade do Dr. Rudolf Isay
Município de Rolândia — Estado do Paraná.

FINALIDADE: Determinação da eficiência da separação dos torrões de terra roxa, contidos em café em côco, pelo "Catador Dr. Isay".

DADOS OBTIDOS: O café em côco, antes de passar pelo "Catador Dr. Isay", foi separado dos torrões maiores, pelo emprêgo de um catador de pedras. O "Catador Dr. Isay" trabalhou durante meia hora em regime de rotação do rôlo magnético de 180 r.p.m., aproximadamente, e, com algumas amostras, foram obtidos os seguintes dados médios:

Amostra de 300 gramas de café não catado: 5 torrões.

Amostra de 300 gramas, após a passagem pelo "Catador Dr. Isay": nenhum torrão.

Amostra dos torrões: 0% de café.

ENSAIO N.º 25: DATA: 10 de setembro de 1950

ASSUNTO: Catador Dr. Isay

LOCAL: Fazenda Santa Isabel
Propriedade do Dr. Rudolf Isay
Município de Rolândia — Estado do Paraná

FINALIDADE: Determinação da eficiência da separação dos torrões de terra roxa, contidos no café da roça, pelo "Catador Dr. Isay".

DADOS OBTIDOS: O café da roça utilizado para êste ensaio, dada a época da colheita, já estava, na sua quase totalidade, em adiantado grau de seca.

Foi primeiramente passado num catador de pedras e depois pelo "Catador Dr. Isay". Após uma hora de funcionamento em regime de rotação do rôlo magnético de 150 r.p.m., foram retiradas algumas amostras, e os resultados médios obtidos foram os seguintes:

Amostra de 300 gramas de café não catado: 66 torrões.

Amostra de 300 gramas, após a passagem pelo "Catador Dr. Isay": 2 torrões.

3.1 - CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

Não tendo sido possível obter com exatidão, nos ensaios 23, 24 e 25, a capacidade de produção da máquina em estudo, usamos as informações que nos foram fornecidas pelo Dr. Rudolf Isay e pelo sr. Reinaldo Massi.

Os dados fornecidos pelo Dr. Isay, retirados da sua escrita contábil, demonstram que num total de 20 horas de trabalho, relativo aos dias 5, 6

e 7 de setembro de 1950, foram passados cêrca de 685 sacos de 110 litros de café da roça, ou sejam 75.350 litros, o que corresponde a uma produção de $\frac{75350}{20} = 3767,5$ litros por hora, ou, ainda, 68 alqueires por hora.

Os dados fornecidos pelo sr. Reinaldo Massi demonstram que, trabalhando com café beneficiado, a produção do "Catador Dr. Isay" é aproximadamente de 40 sacos por hora.

3.2 - CUSTO DO TRABALHO

O preço de venda do "Catador Dr. Isay" é de Cr$ 25.000,00. Admitindo-se que, instalado com elevador, motor elétrico, etc., fique em Cr$ . . . 35.000,00, e, também, que exige duas pessoas para o seu funcionamento (serviço de carga e descarga), podemos dar uma idéia do custo do trabalho de catação, por saco, da seguinte forma :

a) **Amortização** — Admite-se que a duração total do aparelho seja de 15 mil horas de trabalho, e que o seu trabalho anual seja de 3.000 horas, o que dá um período útil de vida de 5 anos. A amortização horária do capital de Cr$ 35.000,00, a juros de 6% ao ano, seria da ordem de Cr$ 3,00.

b) **Pessoal** — Admitindo duas pessoas a Cr$ 3,00, por hora, cada uma, se têm : Cr$ 6,00.

c) **Energia consumida e assistência** — Admite-se que um motor de 3 HP pode tocar a instalação e, nestas condições, pode-se calcular um total de Cr$ 3,00 por hora para a energia elétrica consumida e assistência mecânica eventual.

Nestas condições, o custo total da hora de trabalho será da ordem de :

Cr$ 3,00
Cr$ 6,00
Cr$ 3,00
Cr$ 12,00

Para o café beneficiado, ter-se-ia que o custo, por saco, seria de $\frac{12,00}{40} =$ = Cr$ 0,30.

3.3 - NÚMERO DE INSTALAÇÕES EM FUNCIONAMENTO

O Dr. Rudolf Isay informou que até setembro de 1950 o número de instalações em funcionamento era de 20, sendo que a maioria está trabalhando com café beneficiado. A mais antiga instalação, em funcionamento, excetuando-se a sua própria, é a do sr. Reinaldo Massi, em Rolândia, a qual conta um funcionamento ininterrupto de um ano.

4 - O PROBLEMA DA SEPARAÇÃO MAGNÉTICA DOS TORRÕES

A fim de ter uma idéia sôbre o problema da separação dos torrões de terra roxa, fizemos algumas determinações visando a obtenção das dimensões mais frequentes nos torrões que acompanham o café beneficiado e o café da roça.

É evidente que a percentagem de torrões no café é extremamente variável, pois depende da perfeição da colheita, o que não acontece com as dimensões relativas dos torrões, porquanto êstes dependem sobretudo do processo de preparo do café, e isto é pouco variável na mesma zona.

Com algumas amostras de café da roça retiradas na zona de Rolândia, Estado do Paraná, pudemos construir o gráfico representado na figura 6, que mostra a distribuição das frequências dos diâmetros dos torrões. Êsse gráfico dá a distribuição da frequência dos torrões no café da roça, sem ter

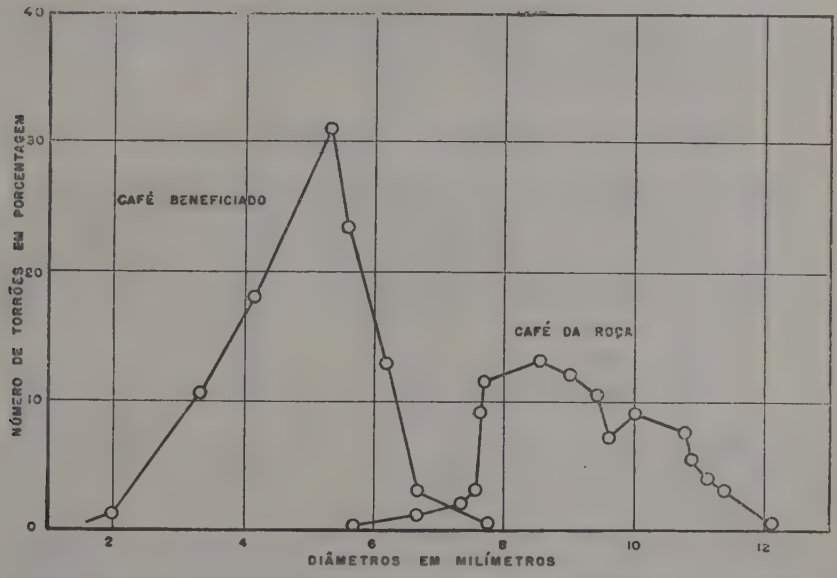

FIGURA 6.—Curvas de frequência do número de torrões em percentagem, de acôrdo com o diâmetro das amostras de café beneficiado e de café da roça.

sofrido qualquer operação mecânica posterior à colheita, e por aí se vê que o diâmetro mais frequente é da ordem de 8,5 milímetros. A distribuição da frequência dos torrões no café beneficiado foi obtida com amostras separadas pelo catador magnético, referindo-se, portanto, aos torrões separados pelo "Catador Dr. Isay". Aqui se verifica que o diâmetro mais frequente é da ordem de 5 milímetros.

Verificou-se que também no café beneficiado, não passado pelo separador magnético, a distribuição da frequência dos diâmetros dos torrões é pràticamente idêntica à do café beneficiado indicado na figura 6. Isto demonstra que o café da roça carrega consigo a maior parte dos torrões com diâmetro variando em tôrno de 8,5 milímetros. Com o manuseio no terreiro ou no secador, e com a passagem pelo catador de pedras e, em seguida, pelo

descascador, fica o café pràticamente livre dos torrões grandes, porque ou êstes foram separados, ou, com o trabalho, tiveram os seus diâmetros reduzidos.

Nestas condições, a função principal do catador magnético é a separação dos torrões com menos de 7 milímetros de diâmetro, quando se trata de trabalhar com café beneficiado.

No caso de se trabalhar com café da roça, a função do catador magnético é mais difícil, pois êle deverá separar torrões com cêrca de 9 milímetros de diâmetro ou mais.

É recomendável o uso do catador de pedras ou do seletor para o café da roça, pois com estas máquinas os torrões grandes, de 9 milímetros para mais, são separados com bastante eficiência.

4.1 - ALGUNS DADOS SÔBRE OS TORRÕES DE TERRA ROXA

Vimos que o diâmetro mais frequente dos torrões, que são separados pelo catador magnético, é de cêrca de 5 milímetros. Diante disto podemos calcular o pêso do torrão, baseado no seu pêso específico real, médio.

Fizemos algumas determinações do pêso específico real e aparente, sendo que os resultados médios obtidos foram os seguintes :

Pêso específico aparente ..... 1,0 g/cm³
Pêso específico real ..... 1,6 g/cm³

É evidente que êste dado varia com diversos fatôres, dentre êles a umidade ; porém, êstes números se referem às condições de torrões comumente encontrados junto com o café.

Baseado nestes números e admitindo-se o torrão como sendo de forma esférica, o pêso do de 5 milímetros de diâmetro é da ordem de : 0,1 grama. Vimos que a quantidade de magnetita contida na terra roxa chega, em alguns casos, até 8% ou mais. Admitindo-se, como têrmo médio, 4%, tem-se que o pêso de magnetita contida no torrão é da ordem de $4/100 \times 0{,}1 = 0{,}004$ g.

Estas 4 miligramas de magnetita contidas no torrão de 5 milímetros de diâmetro são responsáveis pela fôrça de atração magnética ocasionada pelo ímã, e a esta fôrça se opõe principalmente a fôrça centrífuga a que fica sujeito o torrão, provocada pelo movimento de rotação do rôlo magnético.

4.2 - AÇÃO DA FÔRÇA CENTRÍFUGA

Os torrões, ao caírem sôbre o rôlo magnético rotativo, ficam sujeitos à ação da fôrça centrífuga, além da do seu pêso. A resultante destas duas fôrças se opõe à fôrça de atração magnética.

Agindo a fôrça centrífuga com muito maior intensidade do que o pêso do torrão, podemos considerar que a resultante destas duas fôrças é pràticamente igual à fôrça centrífuga.

Chamando *fc* o vector fôrça centrífuga e *p* o vector pêso, temos :

$$fc = k\ r\ n^2\ p,$$

em que

$$k = \frac{\pi^2}{900\ g} \leqq 0{,}0012$$

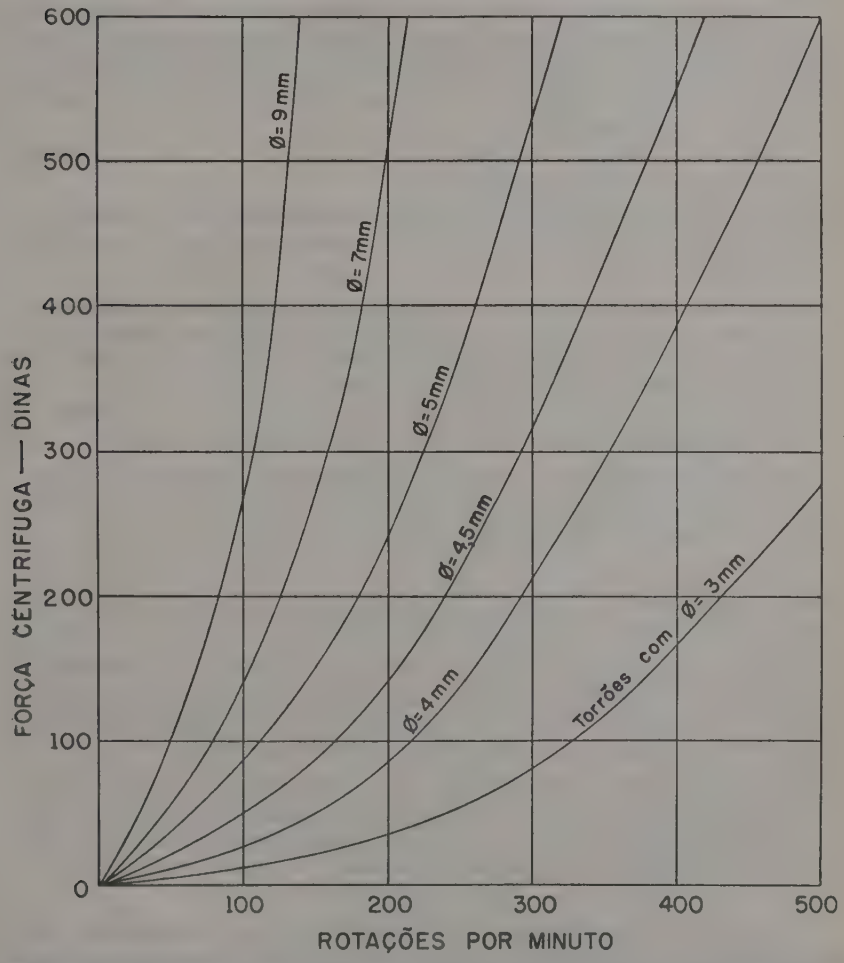

FIGURA 7.—Curvas da fôrça centrífuga em função do número de rotações por minuto a que estão sujeitos os torrões de diferentes diâmetros no "Catador Dr. Isay".

r = raio médio do rôlo magnético
n = número de rotações por minuto do rôlo magnético
g = aceleração de gravidade

Dêsse modo, para uma partícula de 5 milímetros de diâmetro, cujo pêso seja da ordem de 1/10 de grama, teríamos, para valor de **fc**, o rôlo girando a 240 r.p.m. e tendo como raio médio 4,5 centímetros :

$$fc = 31 \text{ gramas ou } 305 \text{ dinas},$$

que é muito maior do que o pêso do torrão.

É, portanto, a fôrça centrífuga o elemento que se opõe à atração das partículas pelo rôlo magnético, e esta fôrça varia proporcionalmente ao pêso da partícula, o que equivale a dizer que varia proporcionalmente com o cubo do diâmetro da partícula e com o quadrado do número de rotações por minuto do rôlo magnético.

O gráfico da figura 7 nos dá a idéia da variação da fôrça centrífuga em função dos dois fatôres mencionados.

Verifica-se, portanto, que a eficiência da separação do "Catador Dr. Isay" depende, sobretudo, de se darem velocidades adequadas ao rôlo magnético, quando se trabalha com torrões de diâmetros diversos.

Assim, se admitirmos que o campo magnético do ímã é constante e igual a uma fôrça atrativa correspondente a 300 dinas ou 300 gauss/cm, verificamos que a separação sòmente seria possível para partículas inferiores a 4,5 mm de diâmetro num regime de rotação igual a 300 r.p.m. do rôlo magnético, ao passo que, para partículas menores do que 7 mm de diâmetro, o regime de rotação do rôlo poderia ser da ordem de 100 r.p.m.

Demais, outros fatôres intervêm na eficiência da separação, pois que o campo magnético do ímã, além de não ser uniforme à fôrça da atração, varia com a distância da partícula ao ímã.

4.3 - OUTROS FATÔRES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA DA SEPARAÇÃO PELO CATADOR MAGNÉTICO

Evidentemente, sendo a fôrça de atração da partícula dependente da posição desta, em relação ao ímã no momento da sua queda sôbre o rôlo magnético, a eficiência da separação dependerá da probabilidade de a partícula cair num ponto mais favorável no campo magnético.

Esta probabilidade, naturalmente bastante difícil de se determinar, provàvelmente dependerá, entre outros fatôres, dos seguintes : quantidade de café trabalhado por unidade de tempo (da produção da máquina) ; velocidade do rôlo magnético ; forma e dimensões das partículas e forma do entreferro.

A forma e as dimensões das partículas não podem ser alteradas arbitràriamente, pois é evidente que temos que trabalhar com as que se apresentam no café. Resta-nos estudar a influência que os outros fatôres já mencionados poderiam exercer na eficiência do separador magnético.

Parece-nos que, à medida que se aumenta a alimentação com o acúmulo de partículas que caem ao mesmo tempo sôbre o rôlo magnético, uma parte delas não pode cair no ponto mais favorável do campo magnético ; de outro lado, a maior velocidade do rôlo daria menos tempo para que uma

dada partícula, embora caindo em posição desfavorável, se acomodasse num ponto de maior intensidade do campo. Evidentemente êstes pontos de vista podem ser, de certo modo, verificados experimentalmente, com ensaios cuidadosos e bem conduzidos.

É claro que a forma do entreferro constitui um dos principais fatôres para a eficiência da separação.

Para têrmos uma idéia da influência do entreferro, vamos delinear, em linhas gerais, o problema teórico da ação do campo magnético sôbre uma dada partícula contida nesse campo.

4.4 - ESTUDO TEÓRICO

A figura 8 representa uma partícula P entre os pólos do ímã os quais foram cortados por uma secção axial. Vamos admitir Nn e Ss as retas

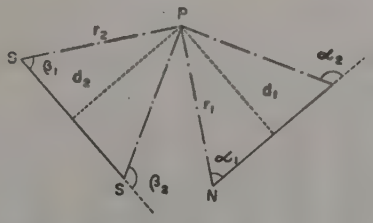

FIGURA 8.—Partícula *P* entre os pólos do ímã, em corte axial.

representando os pólos norte e sul, respectivamente. As retas Nn e Ss não são nada mais do que a linha perimétrica da secção do entreferro, do "Catador Dr. Isay".

Sabe-se que a intensidade do campo magnético produzido pelos pólos Nn e Ss, no ponto P, é dada por :

$$H_n = \frac{1}{4\pi\mu_0} \int \frac{dm}{r_1^2}$$

$$H_s = \frac{1}{4\pi\mu_0} \int \frac{dm}{r_2^2}$$

em que μ_0 é a permeabilidade magnética do meio (constante no nosso caso) e r_1 e r_2 as distâncias de P a um ponto qualquer de Nn e Ss, respectivamente.

É fácil verificar que :

$$r_1 = d_1 \text{ cosec } \alpha$$
$$r_2 = d_2 \text{ cosec } \beta$$

e, portanto, vamos ter :

$$H_n = \frac{m}{4\pi\mu_0} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{d\alpha}{d_1^2} \operatorname{sen}^2\alpha$$

$$H_s = \frac{m}{4\pi\mu_0} \int_{\beta_1}^{\beta_2} \frac{d\beta}{d_2^2} \operatorname{sen}^2\beta$$

donde :

$$H_n = \frac{m}{4\pi\mu_0 d_1^2} \left[\frac{\operatorname{sen} 2\alpha_1 - \operatorname{sen} 2\alpha_2}{4} + \frac{\gamma_1}{2} \right]$$

$$H_s = \frac{m}{4\pi\mu_0 d_2^2} \left[\frac{\operatorname{sen} 2\beta_1 - \operatorname{sen} 2\beta_2}{4} + \frac{\gamma_2}{2} \right]$$

$$\gamma_1 = \alpha_2 - \alpha_1 \qquad \gamma_2 = \beta_2 - \beta_1$$

O valor da intensidade H, do campo magnético, no ponto P, será obtido pela resultante dos vectores H_n e H_s.

Analisando ràpidamente estas fórmulas, verifica-se que a intensidade H do campo depende, além das distâncias d_1 e d_2, do ponto considerado aos pólos do ímã e, o que é evidente, também dos ângulos, o que equivale a dizer que depende da forma do entreferro.

O caráter dêste trabalho não nos permite uma análise teórica rigorosa do problema ; mas pode-se ver em linhas gerais a complexidade e importância desta questão.

É claro que o problema teórico aqui delineado não corresponde à realidade, pois que os pólos, aqui representados apenas pelas linhas Nn e Ss, na verdade são constituídos de superfícies cônicas. Todavia, o nosso intuito foi apenas chamar a atenção para esta questão.

É sabido, e as fórmulas expostas o demonstram, que a intensidade do campo magnético depende da massa magnética dos pólos do ímã e, em última análise, da energia magnética por unidade de pêso do ímã.

Tratando-se de ímã permanente, a energia magnética unitária depende, sobretudo, do ciclo de histerese do material.

4.5 - MATERIAIS MAIS ADEQUADOS À CONSTRUÇÃO DOS ÍMÃS PERMANENTES

Modernamente têm sido empregados na construção de ímãs permanentes materiais de alto poder de remanescência e fôrça coersiva. Dentre êstes, destacam-se certas ligas de ferro, alumínio, níquel e cobalto, genèricamente denominadas alnico (**2**, **3** e **4**). Existem no comércio diversos tipos de alnico, conhecidos com o nome de alnico seguido de números: 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

O alnico 5 ou 6, liga cuja composição aproximada é de 51% de ferro, 8% de alumínio, 14% de níquel, 24% de cobalto e 3% de cobre, tem sido o mais empregado, dado o seu alto valor da energia magnética unitária.

Para se ter uma idéia do valor do alnico 5 como material para ímã permanente, reproduzimos na figura 9 um gráfico apresentado por H. J. Goss (1), engenheiro pesquisador da General Electric Company.

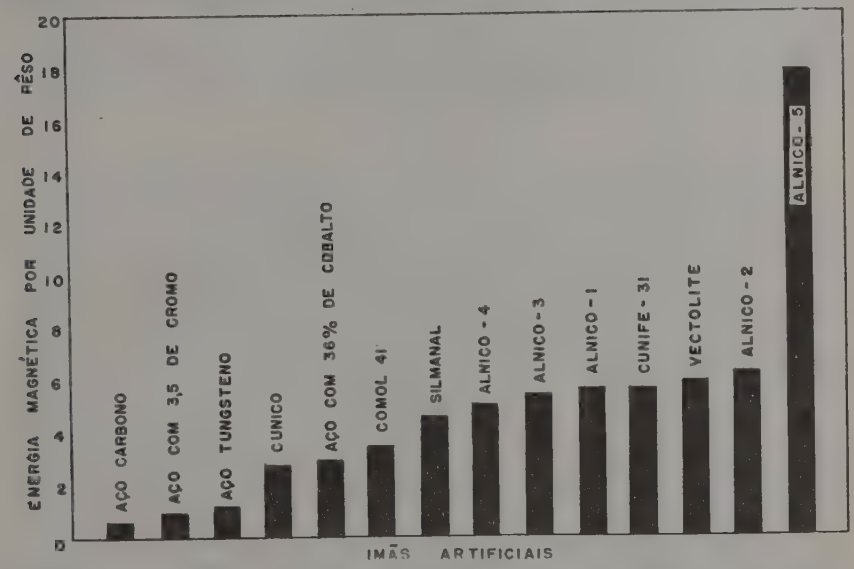

FIGURA 9.—Comparação da energia magnética por unidade de pêso de vários materiais empregados na construção de ímãs permanentes.

5 - CONCLUSÕES

Pelo que foi exposto, podemos concluir o seguinte :

1) A separação dos torrões de terra roxa que acompanham o café, nas zonas da média Sorocabana e norte do Paraná, constitui problema digno de ser estudado.

2) Até o presente momento, o único meio eficiente de separação tem sido o lavador. Nem o catador de pedras nem o seletor efetuam uma separação eficiente, a não ser para os torrões grandes.

3) É possível a separação dos torrões por meio dos separadores magnéticos, tanto os de eletroímãs como os de ímã permanente.

4) Os separadores de ímãs permanentes são mais práticos e, portanto, mais recomendáveis para as fazendas.

5) O "Catador Dr. Isay", de ímã permanente, efetua um serviço de separação eficiente para os torrões pequenos, justamente aquêles que não são separados nem pelo catador de pedras, nem pelo seletor.

6) O seletor, o catador de pedras e o "Catador Dr. Isay" se completam mùtuamente. É recomendável o emprêgo destas três máquinas, quando se quer uma separação perfeita.

7) No estudo teórico da separação pelo "Catador Dr. Isay", são importantes os seguintes fatôres: a) fôrça centrífuga a que está sujeito o torrão, dependente principalmente da velocidade do rôlo magnético e das dimensões dos torrões; b) forma do entreferro; c) caraterísticas do material empregado na construção do ímã permanente.

8) É recomendável o emprêgo, na construção do ímã permanente, de ligas de alnico, principalmente alnico 5 ou 6.

SUMMARY

In the regions of the so called "purple soils", in the State of São Paulo and Northern Paraná, coffee harvested from the ground is attended by a number of foreign matter among which lumps of soils of varying sizes make up the bulk of it.

The separation of such lumps as attained by mechanical devices usually employed is always not satisfactory, the result being that remaining lumps will give a red color to the coffee beans, thus lowering the grade.

Since the soil lumps have an appreciable amount of iron oxyde, mainly in the form of magnetite (Fe_3O_4); there would appear that the use of electro-magnets or permanent magnets of high power would give good results.

A new machine "catador Dr. Isay" having rotative permanent magnets thus appeared in the market and tests were officialy run to determine its perfomance. It was verificed that such machine performs a good job in the separation of small lumps, just the ones which are not efficiently separeted by other types of machines usually employed like "washers" (lavadores) "assorting machines" (seletores), and "stoners" (catadores de pedra).

A theoretical study of the new machine "catador Dr. Isay" was also perfomed, showing that the following factors are likely to have an important bearing on its performances: a) centrifugal force to which the lumps are subjected which is dependent upon the velocity of the magnetic rolls and the lumps effective size; b) shape of the "entreferro"; c) characteristics of the material employed in the manufacture of the permanent magnet. In this respect it seems advisable to recommend the use of alnico alloys, mainly class 5 and 6.

LITERATURA CITADA

1. **Goss, J. H.** Ductile permanent magnets offer new design possibilities. Reprinted from Product Engineer, January, 1946.

2. **Guillaumin, J. B.** Les aimants permanents et le nickel. Revue du Nickel **16**: 79-90. 1950.

3. **Hicks, C. L.** Nickel-Iron alloys for magnetic circuits. Reprinted from electrical manufacturing, January, 1946.

4. **Luerssen, G. V.** Iron-Nickel alloys and their characteristics. Reprinted from Electrical Manufacturing, July, 1945.

5. **Quittkat, G. et al.** *Em* Hutte. Manual del Ingeniero, **4**: pág. 456, 2.ª ed., Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1942.

6. **Tosello, A.** Ensaios sôbre o catador "Dr. Isay". Relatório da Secção de Café do Instituto Agronômico, 1950, (não publicado).

NOTA

BETA PATELLARIS, PLANTA-TESTE PARA O VÍRUS DA NECROSE BRANCA DO FUMO. A. S. Costa. A obtenção de planta-teste adequada, que reaja por meio de lesões locais à inoculação mecânica, é de grande valor para o estudo de qualquer vírus das plantas. O uso de tal planta permite determinação mais rápida das propriedades físicas do vírus, facilita a separação das estirpes a partir das lesões individuais e serve como planta indicadora.

Os estudos sôbre a necrose branca ou "couve", moléstia bastante comum nas plantações de fumo (*Nicotiana tabacum* L.) no Estado de São Paulo ([1]), foram feitos quando ainda não se conhecia planta-teste adequada que reagisse por meio de lesões locais à inoculação com o vírus.

O virus da necrose branca é bastante semelhante ao "tobacco streak virus" (*Annulus orae* H.) existente nos Estados Unidos, sendo provàvelmente uma estirpe dêste. Fulton ([2]) verificou, em estudos sôbre o "tobacco streak", que o guar (*Cyamopsis tetragonalobus* (L.) Taub.) reage por meio de lesões necróticas locais às inoculações com o vírus, sendo boa planta-teste. Diachum and Valleau ([3]) usaram, com bom êxito, plantas de *Nicotiana rustica* L., para o mesmo fim.

A determinação do círculo de hospedeiras do vírus da necrose branca vem sendo feita há vários anos, incluindo a inoculação de plantas cultivadas e ervas daninhas. Visam êstes estudos não só a determinação das possíveis hospedeiras do vírus, como, também, a descoberta de planta cujas fôlhas desenvolvam lesões locais satisfatórias para contagem e que possa ser usada como planta-teste. Muitas centenas de espécies já foram experimentadas em inoculações com o vírus da necrose branca. Foram incluídos nestes ensaios representantes de várias famílias, tais como *Leguminosae*, *Solanaceae*, *Compositae* e outras. Mais de trinta variedades de fumo, diversas variedades de *Nicotiana rustica* e outras espécies dêste gênero foram ensaiadas. Plantas de fumo e de *N. rustica* desenvolvem lesões locais, mas estas não são satisfatórias para contagens. Inoculações feitas em fôlhas de guar não causaram o aparecimento de lesões locais, como no caso do "tobacco streak virus" dos Estados Unidos.

Em ensaios mais recentes foi verificado que as fôlhas de *Beta patellaris* Mocq. fornecem lesões locais muito boas, quando inoculadas com o vírus da necrose branca ou "couve" (est. 1 *A*). As lesões se tornam visíveis geralmente dois dias após a inoculação, em épocas quentes, podendo ser contadas em quatro dias.

A fim de obter boas plantas-teste de *Beta patellaris*, as mudinhas de sementeiras foram transplantadas para vasos de 20 cm, cheios de terra bem

([1]) Costa, A. S., A. R. Lima e R. Forster. Necrose branca — Uma moléstia de vírus do fumo (*Nicotiana tabacum* L.) e "fumo couve" como sintoma tardio. Jornal de Agronomia, Piracicaba, **3**: 1-26. 1940.

([2]) Fulton, Robert W. Hosts of the tobacco streak virus. Phytopathology **38**: 421-428. 1948.

([3]) Diachum, Stephen and W. D. Valleau. *Nicotiana rustica* as a source of tobacco streak virus. Phytopathology **40**: 128-134. 1950.

estercada. Plantou-se uma muda por vaso e permitiu-se que estas desenvolvessem apenas uma haste, fazendo-se a desbrota sempre que necessário. Dessa maneira foram obtidas plantas bem desenvolvidas, capazes de fornecer dez a doze fôlhas boas para inoculação (est. 1 *B*). As desvantagens apresentadas por *B. patellaris* são : a) as sementes são de difícil germinação ; b) as plantas têm a haste, as fôlhas e os pecíolos bastante quebradiços, sendo necessário muito cuidado ao manejá-las. Por outro lado, foi verificado que a mesma planta-teste pode ser usada por mais de uma vez, podando-a após ter sido usada e permitindo-se que novo brôto se desenvolva da parte basal da haste. SECÇÃO DE GENÉTICA, INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS.

SUMMARY

Studies on the host range of the Brazilian tobacco streak virus were made in an attempt to find a host plant that would develop local lesions. Many representatives of *Leguminosae*, *Solanaceae*, *Compositae*, and from other families were tried. Local lesions were not formed in inoculated leaves of the guar plant as in case of American tobacco streak virus, and the lesions developed in leaves of tobacco and *Nicotiana rustica* plants were not considered satisfactory for counts.

From all plants tested the most satisfactory results were obtained with *Beta patellaris*. The leaves of this plant developed local lesions two days after inoculation and the lesions could be counted after four days.

A — Lesões necróticas causadas pelo vírus da necrose branca em fôlhas de *Beta patellaris*. B — Planta de *B. patellaris* pronta para inoculação.

IMPRIMIU:
INDÚSTRIA GRÁFICA SIQUEIRA S/A
RUA AUGUSTA, 235 — SÃO PAULO
1 9 5 1

SECÇÕES TÉCNICAS

Secção de Agrogeologia : — J. E. de Paiva Neto, M. S. Queiroz, M. Gutmans, A. C. Nascimento, A. Küpper, R. A. Catani, F. C. Verdade, H. P. Medina, A. Klinck, M. T. Piza.

Secção de Botânica : — D. M. Dedecca.

Secção de Café : — J. E. T. Mendes, F. R. Pupo de Morais, H. J. Scaranari.

Secção de Cana de Açúcar : — J. M. de Aguirre Júnior, J. B. Rodrigues, A. L. Segalá.

Secção de Cereais e Leguminosas : — G. P. Viegas, N. A. Neme, H. da Silva Miranda, M. Alcover, J. Gomes da Silva, J. Andrade Sobrinho.

Secção de Conservação do Solo : — J. Quintiliano de A. Marques, F. Grohmann, J. Bertoni, F. M. Aires de Alencar, R. N. Tosello, G. B. Barreto.

Secção de Entomologia : — J. Bergamin, Luiz O. T. Mendes, Romeu de Tela.

Secção de Fisiologia e Alimentação de Plantas : — C. M. Franco, Osvaldo Bacchi, R. Inforzato, H. C. Mendes.

Secção de Fitopatologia Aplicada : — A. P. Viegas, C. G. Teixeira.

Secção de Fumo, Plantas Inseticidas e Medicinais : — A. Rodrigues Lima, S. Ribeiro dos Santos, A. Jacob.

Secção de Oleaginosas : — O. Ferreira de Sousa, V. Canecchio Filho, E. Abramides.

Secção de Química Mineral : — J. B. C. Néri Sobrinho, A. de Sousa Gomide, F. L. Serafini, J. A. Neger, I. Mendes.

Secção de Raízes e Tubérculos : — J. Bierrenbach de Castro, Edgar S. Normanha (substituto), A. Pais de Camargo, O. J. Boock, A. S. Pereira.

Secção de Tecnologia Agrícola : — A. Frota de Sousa, M. B. Ferraz, J. P. Néri, A. de Arruda Veiga, E. Castanho de Andrade.

Secção de Técnica Experimental e Cálculo : — C. G. Fraga Júnior, A. Conagin.

ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS

Central de Campinas : — R. Forster, Miguel A. Anderson, R. Munhoz.

Boracéia : —

Capão Bonito : — A. Rigitano.

Jaú : — Hélio de Morais.

Jundiaí : — J. S. Inglês de Sousa.

Limeira : — C. Roessing.

Mococa : — M. Vieira de Morais.

Monte Alegre do Sul : — A. Gentil Gomes.

Pindamonhangaba : — R. A. Rodrigues.

Pindorama : — J. Aloisi Sobrinho.

Piracicaba : — H. Correia de Arruda.

Ribeirão Prêto : — V. Lazzarini.

São Roque : — W. C. Ribas.

Tatuí : — D. M. Correia.

Tietê : — V. Gonçalves de Oliveira.

Ubatuba : — Natal de Assis Correia.

IMPRIMIU:
INDÚSTRIA GRÁFICA SIQUEIRA S/A
RUA AUGUSTA, 235 — SÃO PAULO
Enc. 6233 — 1951